

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-МОДЕЛИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И ТЕПЛООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Девярых Е.А., Девярых Т.О.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

*В данной работе описаны современные тенденции и проблемы развития АСУ ТП. Описан объект совершенствования – модельная система поддержки принятия решений при управлении доменной плавкой на ОАО «ММК комбинат». Представлены современные представления о зоне вязкопластичного состояния железорудных материалов (зоне когезии).*

*Ключевые слова: доменный процесс, информационно-моделирующая система, совершенствование, моделирование, зона когезии.*

*This article describes current trends and problems of APCS. Object of improvement is described here – this is a model system of decision-making support of the management of the blast furnace at JSC «ММК kombinat». There are modern concepts about the zone of viscoplastic state of iron ore materials (cohesive zone) presented.*

*Keywords: blast furnace process, information-modeling system, improvement, modeling, cohesive zone.*

Современные тенденции развития автоматизации технологических процессов в металлургии сводятся к созданию системы управления, обеспечивающей работу производства при минимальной себестоимости продукции с требуемым качеством. На современном металлургическом комбинате крайне сложно использовать один программный продукт (одного производителя) на всех этапах и уровнях производства, поэтому предприятия разделяют всю информационную систему на подсистемы и разрабатывают их по отдельности.

В настоящее время все доменные печи в той или иной мере оборудованы АСУ ТП. Функциональные возможности данных АСУ ТП также различны (от информационных до систем управления технологическим процессом). Архитектура таких автоматизированных систем иерархическая с несколькими уровнями управления.

Современная концепция контроля и управления доменным процессом заключается в следующем: в доменном процессе, как в сложной совокупности взаимодействующих процессов, выделяются четыре основные области, определяющие эффективность доменной плавки:

- контроль качества железорудных материалов и кокса;
- контроль стабильности характеристик железорудных материалов и кокса;
- технология отработки продуктов плавки, оказывающая большое влияние на эффективность процесса и стойкость горна печи;
- контроль потерь тепла при высокой производительности и высоком расходе вдуваемого топлива (данный контроль реализуется с помощью использования математических моделей распределения материалов на колошнике).

Использование математических моделей и экспертных систем позволяет улучшать качество выплавляемого чугуна, помогая операторам принимать правильные решения и прогнозировать тепловое состояние печи.

Анализ уровня автоматизации доменных печей металлургических предприятий России позволяют выделить в число лидеров ОАО «ММК комбинат», ОАО «Северсталь», ОАО «НЛМК», ОАО «НТМК», ОАО «ЗСМК».

В данной работе совершенствуется модельная система поддержки принятия решений при управлении доменной плавкой на ОАО «ММК комбинат».

Модельные системы поддержки принятия решений представляют собой вид информационных систем, помогающих оператору (или лицу, принимающему решение), в принятии решений при наличии плохо структурированных задач посредством прямого диалога с компьютером с использованием данных и математических моделей.

Решение плохо структурированных задач требует использования компьютера совместно с усилиями человека. Главной особенностью модельных систем поддержки принятия решений является качественно новый метод организации взаимодействия человека и компьютера. Выработка решения происходит в результате итерационного процесса, в котором участвуют:

- система поддержки принятия решений в роли вычислительного звена и объекта;
- человек как управляющее звено, задающее входные данные и оценивающее полученный результат вычислений на компьютере.

Основные компоненты модельной системы поддержки принятия решения представлены на рис. 1.

Основой модельной системы поддержки принятия решения являются комплексы математических моделей. В связи с тем, что доменное производство является одним из самых важных в цепочке производства металлопроката и качество товарной продукции начинает формироваться на начальных переделах, а процесс измерения технологических параметров в доменной печи является затруднительным и зачастую – невозможным, доменщикам требуется разработка математических моделей для качественного ведения доменного процесса и для своевременного принятия управленческих решений.

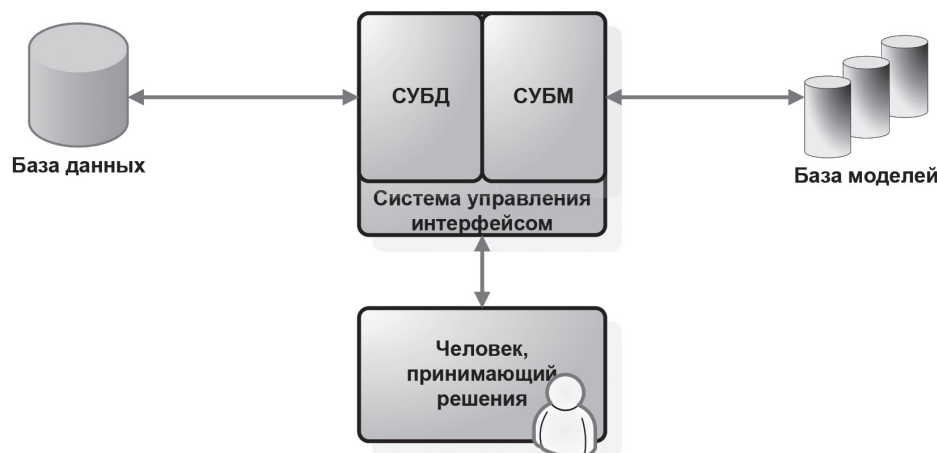


Рис. 1. Основные компоненты модельной системы поддержки принятия решения

Простейшими считаются балансовые модели, в основу которых положены материальные и тепловые балансы. Эти балансы устанавливают взаимосвязи между входными параметрами процесса и показателями работы печи.

Общий вид системы уравнений материально-теплового баланса имеет вид:

- по выходу чугуна:  $\Sigma(m e_m) + s e_s = 1$ ;
- по основности шлака:  $\Sigma(m RO_m) + s RO_s = 0$ ;
- по содержанию элементов в чугуне:  $\Sigma(m X_m) + s X_s = 0$ ;
- по содержанию оксидов в шлаке или относительной массе шлака:  $\Sigma(m Y_m) + Y e_s = 0$ ;
- по тепловому балансу:  $\Sigma(m g_m) + s g_s = 0$ .

Здесь  $m$  и  $s$  – расходы компонентов шихты и дутьевой добавки соответственно, кг/т чугуна ( $\text{м}^3/\text{т}$ );  $e_m$ ,  $RO_m$ ,  $X_m$ ,  $Y_m$  – соответственно выход чугуна их единицы компонента; избыток (+) или недостаток (–) оснований в материале при заданной основности шлака; избыток (+) или недостаток (–) оксида в материале при заданном его содержании в шлаке, кг/кг;  $g_m$  – тепловой эквивалент материала или затраты тепла на все превращения в печи, а для топлива – теплоотдача в печи, кДж/кг; то же с индексом  $s$  для дутьевых добавок.

Таким образом, тепловой баланс процесса составляется на основе баланса энтальпий веществ, поступающих в доменную печь и выходящих из нее.

В данной работе внимание уделено подсистеме расчета расположения, конфигурации зоны и свойств материалов в зоне вязкопластичного состояния железорудных материалов (зоне когезии) и прогнозирования технологических ситуаций. Рассмотрим общие закономерности движения газового потока в зонах пластичности и фильтрации.

По современным представлениям газопроницаемость столба шихты в доменной печи определяется положением и формой зоны вязкопластичных масс. Выше этой зоны располагается слой шихты в кусковом состоянии, ниже – слой кокса со стекающим расплавом чугуна и шлака. Зона вязкопластичного состояния железорудных материалов (зона когезии) представлена чередующимися слоями железорудного материала и кокса, и только наличие слоев кокса (коксовых окон) обеспечивает газопроницаемость этой зоны. Слои железорудных материалов, находясь в вязкопластичном состоянии, не проницаемы для газового потока (рис. 2).

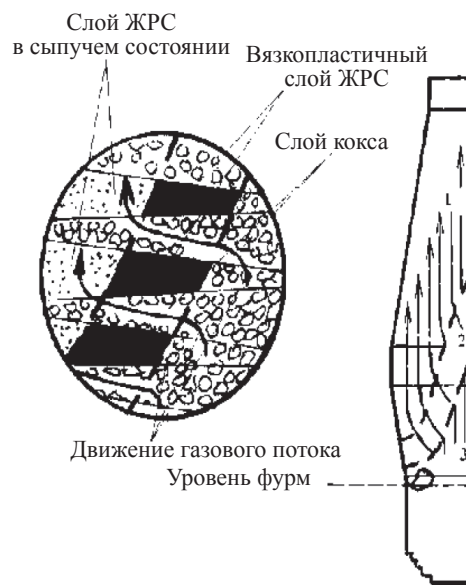


Рис. 2. Схема расположения слоев железорудного материала, кокса и характер движения газа и расплавов в зоне вязкопластичных масс

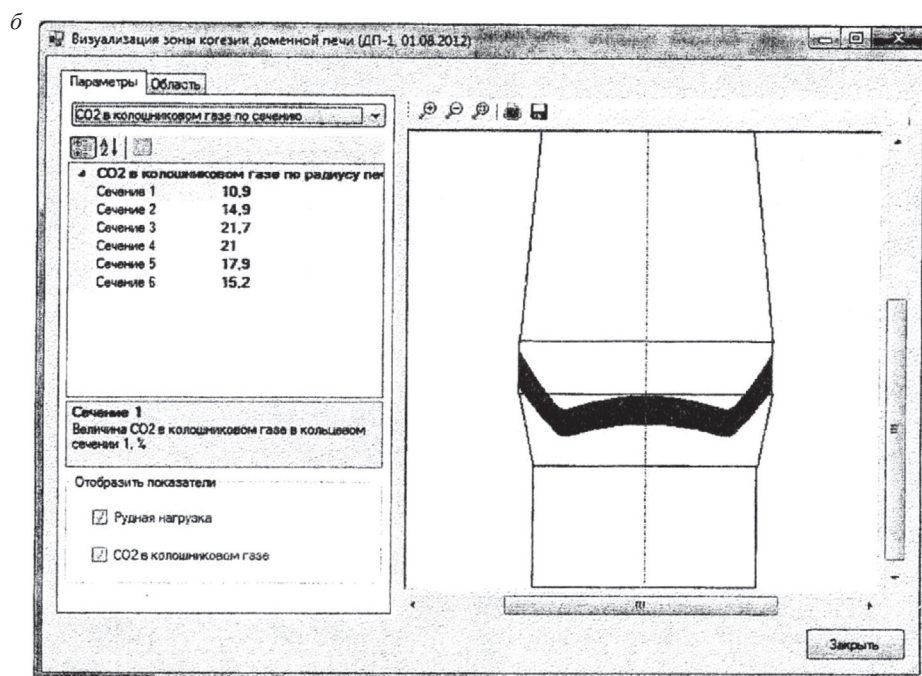
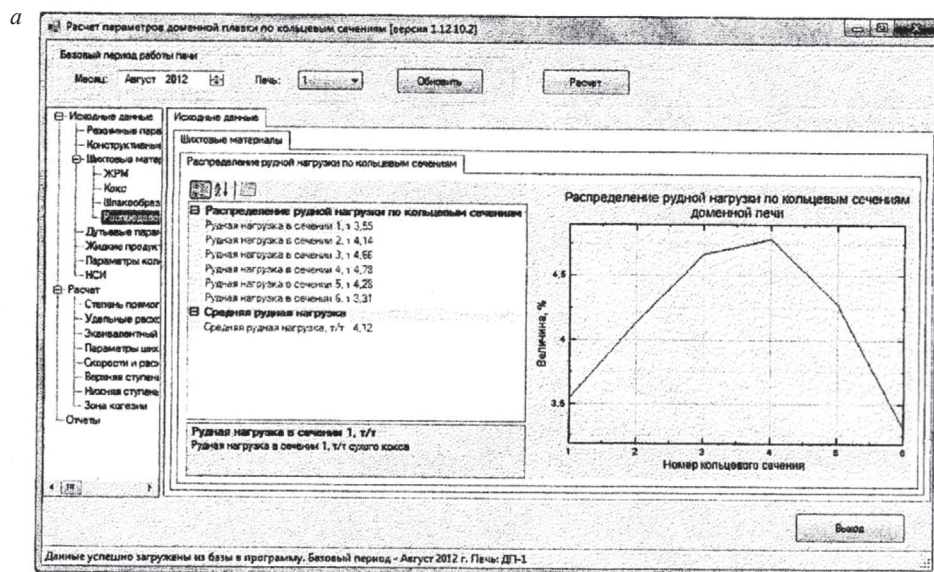


Рис. 3. Скриншоты программного обеспечения информационно-моделирующей системы расчета теплообменных процессов и зоны когезии ДП № 1 ОАО «ММК»:  
 а – главное окно программы с отображением исходных данных; б – окно с результатами визуализации зоны когезии

Форма зоны пластичности и ее расположение в профиле печи определяется многими факторами, главными из которых является распределение рудной нагрузки по сечению колошника, а также вязкопластичные характеристики железорудных материалов: температура начала и температура расплавления – появление текучего шлакового расплава. В этом случае толщина пластичного слоя зоны когезии будет определяться температурным интервалом плавления.

Максимально возможная производительность может быть достигнута при наилучшей форме зоны вязкопластичного состояния железорудных материалов, наименьшей толщине этой зоны, а также при хорошей фильтрации расплавов в зоне, расположенной ниже зоны пластичности.

Программное обеспечение предназначено для инженерно-технологического персонала, входит в состав автоматизированной информационной системы анализа и прогнозирования доменного цеха ОАО «ММК».

На рис. 3 представлено главное окно программы с результатами расчетного распределения рудной нагрузки по радиусу колошника и визуализацией формы и положения зоны когезии по фактическим производственным данным для ДП № 1 ОАО «ММК».

Таким образом, разработанная информационно-моделирующая система, внедренная в опытно-промышленную эксплуатацию доменного производства ОАО «ММК», позволяет инженерно-технологическому персоналу оценивать расположение и форму зоны вязкопластичных масс железорудных материалов в доменной печи по реально доступной информации о работающей печи, осуществлять диагностику ее рациональной конфигурации, а также решать комплекс прогнозных задач при изменении режимных параметров плавки.

#### Список использованных источников

1. Спирин Н.А., Лавров В.В., Рыболовлев В.Ю., Краснобаев А.В., Онорин О.П., Косаченко И.Е. *Модельные системы поддержки принятия решений в АСУ ТП доменной плавки металлургии* / под ред. Н.А. Спирина. – Екатеринбург: УрФУ, 2011. – 462 с.
2. *Компьютерные методы моделирования доменного процесса* / О.П. Онорин, Н.А. Спирин, В.Л. Терентьев [и др.] / под ред. Н.А. Спирина. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2005. – 301 с.
3. *Теория и практика прогнозирования в системах управления* / С.В. Емельянов, С.К. Корovin, Л.П. Мышляев, А.С. Рыков, В.Ф. Евтушенко, С.М. Кулаков, Н.Ф. Бондарь. – Кемерово; М.: Издат. объединение «Российские университеты»: Кузбассвуиздат – АСТШ, 2008. – 487 с.
4. Одинцов И.О. *Профессиональное программирование. Системный подход*. 2-е изд. перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 624 с.
5. Дубейковский В.И. *Эффективное моделирование с СА ERwin Process Modeler (BPwin; AllFusion Process Modeler)*. – М.: Диалог-МИФИ, 2009. – 384 с.
6. Фленов М.Е. *Библия С#*. – 2-е издание. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 560 с.